

ХТ / Бак / ХТОВ - Б.В.Од.15 - 30/04/2018  
МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА»  
(НГТУ)

ДЗЕРЖИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Химические технологии»

УТВЕРЖДАЮ

Директор института

 О.А. Казанцев

(подпись, расшифровка подписи)

« 30 »  2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ»**

Направление подготовки  
18.03.01 Химическая технология

Направленность (профиль)  
«Химическая технология органических веществ»


Уровень образования  
Бакалавр

Форма обучения  
заочная

Дзержинск, 2018 г.

Составители рабочей программы

Доцент, к.х.н., доцент

 /Сажина Е.Н./  
(подпись) (расшифровка подписи)

Рабочая программа принята на заседании кафедры Химические технологии

«22» 04 2018г. Протокол заседания № 109

Заведующий кафедрой

«28» 07 2018г.  / О.А. Казанцев /

---

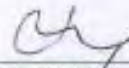
СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой

«Химические технологии»  
(наименование кафедры)


 /О.А. Казанцев/  
(подпись) (расшифровка подписи)

Декан инженерно-технологического факультета


 /Г.В. Пастухова/  
(подпись) (расшифровка подписи)

Председатель методической комиссии по профилю подготовки

«Химическая технология органических веществ»  
(наименование)

 /О.А. Казанцев/  
(подпись) (расшифровка подписи)

Заместитель начальника отдела УМБО

 /Е.Г. Воробьева-Дурнакина/  
(подпись) (расшифровка подписи)

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Наименование дисциплины.....	4
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине.....	4
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы бакалавриата	5
4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся.....	6
5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и видов учебных занятий.....	7
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	10
7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....	12
8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	22
9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....	23
10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	25
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости).....	26
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	26

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### 1. Наименование дисциплины

Дисциплина шифр Б1.В.ОД.15 «Процессы и аппараты химической технологии» - это дисциплина по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология органических веществ»; уровень – бакалавр.

Профильными для данной дисциплины являются следующие виды профессиональной деятельности:

научно-исследовательская.

Данная дисциплина готовит к решению следующих задач профессиональной деятельности: изучение научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования; подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций; составление отчета по выполненному заданию, участие во внедрении результатов исследований и разработок.

Объектами профессиональной деятельности являются: химические вещества и сырьевые материалы для промышленного производства химической промышленности; оборудование, технологические процессы и промышленные системы получения веществ, материалов, изделий, а также методы диагностики и контроля технического состояния технологического оборудования, средства автоматизации и управления технологическими процессами.

**2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников), установлены стандартом.

2.1. Учебная дисциплина обеспечивает:

- формирование компетенции ПК-19: готовность использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления.

Далее эти данные представляются в таблицы 2.1.

Таблица 2.1. – Признак и уровни освоения компетенций

Код и содержание компетенций	Формулировка дисциплинарной части компетенции	Уровень, формирования компетенций
ПК-19 готовность использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления.	Готовность использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления.	Формируется частично, в составе дисциплин (табл. 3.1). Уровень - пороговый. Итоговый контроль сформированности компетенции ПК-19 осуществляется на промежуточной аттестации по подготовке и защите ВКР.

2.2. В результате изучения дисциплины бакалавр должен овладеть следующими знаниями, умениями и навыками в рамках формируемых компетенций:

Таблице 2.2.- Планируемые результаты обучения

Уровень освоения компетенции	Описание признаков проявления компетенций	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)		
		Владеть	Уметь	Знать
Компетенция ПК-19				
Пороговый	– понимает и может объяснить полученные знания. – реализует последовательность проектирования технологического оборудования.	– навыками анализа технического состояния аппаратов, навыками подбора аппаратов, приборов и технологий в смежных отраслях химической промышленности.	– решать практические задачи по расчету машин и аппаратов для проведения гидромеханических, тепловых и массообменных процессов. – анализировать условия и режимы работы аппаратов для проведения гидромеханических, тепловых и массообменных процессов.	– основные законы гидромеханических, тепловых и массообменных процессов; – принципы работы, конструкции различных типов машин используемых в природных энергоносителях и углеродных материалов

При наличии лиц с ограниченными возможностями здоровья устанавливается особый порядок освоения дисциплины, предусматривающий возможность достижения ими планируемых результатов обучения с учетом состояния здоровья и имеющихся заболеваний.

### 3. Место дисциплины в структуре образовательной программы бакалавра.

3.1. Дисциплина (модуль) реализуется в рамках вариативной части обязательных дисциплин части Блока 1.

3.2. Дисциплина (модуль) изучается на 4 курсе (ах) в 7, 8 семестре (ах).

3.3. Требования к входным знаниям, умениям и владениям обучающихся:

Для освоения дисциплины Процессы и аппараты химической технологии обучающийся должен:

**Знать:** - основные физические законы жидкостей и газов, правила оформления чертежей.

**Уметь:** - применять основные физические законы и составлять математическое описание процессов в жидкостях и газах;

- грамотно выполнять схемы и чертежи.

**Владеть:** - методикой решения математических выражений законов сохранения массы и энергии при движении жидкостей и газов.

Этапы формирования компетенций и ожидаемые результаты обучения, определяющие уровень сформированности компетенций, указаны в табл. 3.1, 3.2.

Таблица 3.1 – Дисциплины, участвующие в формировании компетенций ПК-19 вместе с дисциплиной Б1.В.ОД.15 Процессы и аппараты химической технологии

Код компетенции	Названия учебных дисциплин, модулей, практик участвующих в формировании компетенций, вместе с данной дисциплиной	Курсы обучения									
		1 курс		2 курс		3 курс		4 курс		5 курс	
ПК-19	Процессы и аппараты химической технологии							+	+		
	Прикладная механика			+	+	+	+				
	Электротехника и электроника					+	+				
	Техническая термодинамика и теплотехника			+	+						
	Системы управления технологическими процессами										+
	Химические реакторы					+	+				
	Научные основы процессов разделения							+			
	Основы проектирования и оборудование предприятий							+		+	+
	Научно-исследовательская работа									+	+
Подготовка и защита ВКР										+	

Таблица 3.2 – Этапы формирования компетенций вместе с дисциплиной Б1.В.ОД.15 Процессы и аппараты химической технологии

Код	Наименование компетенции	Наименования дисциплин		
		Начальный этап (пороговый уровень)	Основной этап (углубленный уровень)	Завершающий этап (продвинутый уровень)
ПК-19	Обладает готовностью использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления.	<b>Процессы и аппараты химической технологии;</b> Прикладная механика; Электротехника и электроника; Техническая термодинамика и теплотехника; Системы управления химико-технологическими процессами; Химические реакторы; Научные основы процессов разделения; Основы проектирования и оборудование предприятий.	Научно-исследовательская работа; Подготовка и защита ВКР.	

**4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Объем дисциплины (общая трудоемкость) составляет 8 зачетных единиц (з.е), в часах это 288 академических часа, в том числе контактная работа обучающихся с преподавателем 29 часов, самостоятельная работа обучающихся 250 часов.

Таблица 4.1. Структура дисциплины

Вид учебной работы	Всего часов	4 курс
<b>1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего), в том числе:</b>	<b>29</b>	<b>29</b>
<b>1.1. Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>22</b>	<b>22</b>
в том числе:		
Лекции (Л)	10	10
Лабораторные работы (ЛР)	4	4
Практические занятия (ПЗ)	8	8
Практикумы		
<b>1.2. Внеаудиторные занятия (всего)</b>	<b>7</b>	<b>7</b>
групповые консультации по дисциплине	3	3
групповые консультации по промежуточной аттестации (экзамен)	2	2
индивидуальная работа преподавателя с обучающимся:	2	2
- по проектированию: работа		
- по выполнению работ РГР, реферат, КР		
<b>2. Самостоятельная работа студента (СРС) (всего)</b>	<b>250</b>	<b>250</b>
<b>Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)</b>	<b>Экзамен / 9</b>	<b>Экзамен / 9</b>
<b>Общая трудоемкость, ч./ зачетные единицы</b>	<b>288/8</b>	<b>288/8</b>

**5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и видов учебных занятий**

5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

Распределение учебной нагрузки по разделам дисциплины приведено в табл. 5.1.

Тематическое содержание разделов дисциплины, с перечислением содержащихся в них дидактических единиц приведено в табл. 5.2.

Темы практических занятий приведены в табл. 5.3, темы лабораторных работ в табл. 5.4, виды самостоятельной работы – в табл. 5.5.

Таблица 5.1. Распределение учебной нагрузки по разделам дисциплины

Номер модуля образовательной программы	Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий и их трудоемкость, часы						Формируемые компетенции ОК, ОПК, ПК, ПСК
			Всего часов (без экзамена)	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Внеаудиторная самостоятельная работа	СРС	
	1	Гидромеханические процессы	67	2	2	1	2	60	ПК - 19
	2	Тепловые процессы	69	3	3	1	2	60	ПК - 19
	3	Массообменные процессы	143	5	3	2	3	130	ПК - 19
		Итого	279	10	8	4	7	250	

Таблица 5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

№ раздела	Наименование разделов	Код компетенции	Содержание темы (вначале наименование темы, затем перечисление дидактических единиц)	Трудоемкость (час.)	Технология оценивания
1	Гидромеханические процессы	ПК -19	<u>Тема 1</u> Перемешивание в жидких средах.	0,5	Собеседование. Тестирование
			<u>Тема 2</u> Основы прикладной гидравлики. Транспортирование жидкостей.	0,5	Собеседование. Тестирование
			<u>Тема 3</u> Сжатие и транспортирование газов.	0,5	Собеседование. Тестирование
			<u>Тема 4</u> Классификация неоднородных систем. Основные способы разделения.	0,5	Собеседование. Тестирование
2	Тепловые процессы	ПК - 19	<u>Тема 5</u> Основы теории передачи теплоты.	1	Собеседование. Тестирование
			<u>Тема 6</u> Выпаривание.	1	Собеседование. Тестирование
			<u>Тема 7</u> Кристаллизация.	1	Собеседование. Тестирование

					тирование
3	Массообменные процессы	ПК - 19	Тема 8 Основы теории массопередачи.	0,5	Собеседование. Тестирование
			Тема 9 Абсорбция и десорбция.	1	Собеседование. Тестирование
			Тема 10 Перегонка жидкостей.	1	Собеседование. Тестирование
			Тема 11 Адсорбция.	0,5	Собеседование. Тестирование
			Тема 12 Сушка.	1	Собеседование. Тестирование
			Тема 13 Мембранные процессы.	1	Собеседование. Тестирование
			ИТОГО	10	

Таблица 5.3. Темы практических занятий

№ раздела	Наименование разделов	Код компетенции	Тема практических занятий	Трудоемкость (час.)	Технология оценивания
1	Гидромеханические процессы	ПК-19	Расчет отстойника	1	Задача
			Расчет перемешивающего устройства	1	Задача
2	Тепловые процессы	ПК-19	Расчет теплообменных аппаратов	1,5	Задача
			Расчет выпарных аппаратов	1,5	Задача
3	Массообменные процессы	ПК-19	Расчет ректификационной колонны	1,5	Задача
			Расчет процесса сушки	1,5	Задача
Итого				8	

Таблица 5.4. Темы лабораторных работ

№ раздела	Наименование разделов	Код компетенции	Тема лабораторных работ	Трудоемкость (час.)	Технология оценивания
1	Гидромеханические процессы	ПК - 19	Испытание лабораторного вакуум-фильтра. Испытание поршневого компрессора.	1	Отчет о лабораторной работе, собеседование
2	Тепловые процессы	ПК - 19	Испытание кожухотрубного теплообменника. Испытание выпарной установки.	1	Отчет о лабораторной работе, собеседование
3	Массообменные процессы	ПК - 19	Гидродинамика колонны с колпачковыми тарелками. Изучение массоотдачи в газовой фазе. Изучение кинетики сушки.	2	Отчет о лабораторной работе, собеседование
ИТОГО				4	



Таблица 5.5. Самостоятельная работа студентов

№ раз-дела	Наименование темы	Код компетенции	Виды самостоятельной работы (детализация – виды самостоятельной работы по каждому разделу)	Трудоемкость (час.)**	Технология оценивания*
1	<u>Тема 1</u> Перемешивание в жидких средах.	ПК - 19	- изучение основной и дополнительной литературы, рекомендованной по курсу; - подготовка к собеседованию по обозначенным вопросам.	10	Собеседование
	<u>Тема 2</u> Основы прикладной гидравлики. Транспортирование жидкостей.	ПК - 19	- изучение основной и дополнительной литературы, рекомендованной по курсу; - подготовка к собеседованию по обозначенным вопросам.	10	Собеседование Тестирование
	<u>Тема 3</u> Сжатие и транспортирование газов.	ПК - 19	- изучение основной и дополнительной литературы, рекомендованной по курсу; - оформление отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию по обозначенным вопросам. - контрольные работы; - практические задания.	10	Отчет о лабораторной работе, собеседование Тестирование
	<u>Тема 4</u> Классификация неоднородных систем. Основные способы разделения.	ПК - 19	- изучение основной и дополнительной литературы, рекомендованной по курсу; - подготовка к собеседованию по обозначенным вопросам.	30	Отчет о лабораторной работе, собеседование Тестирование
2	<u>Тема 5</u> Основы теории передачи теплоты.	ПК - 19	- изучение основной и дополнительной литературы, рекомендованной по курсу; - оформление отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию по обозначенным вопросам. - контрольные работы; - практические задания.	20	Отчет о лабораторной работе, собеседование Тестирование.
	<u>Тема 6</u> Выпаривание.	ПК - 19	- изучение основной и дополнительной литературы, рекомендованной по курсу; - оформление отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию по обозначенным вопросам. - контрольные работы; - практические задания.	20	Отчет о лабораторной работе, собеседование. Тестирование.
	<u>Тема 7</u> Кристаллизация.	ПК - 19	- изучение основной и дополнительной литературы, рекомендованной по курсу; - подготовка к собеседованию по обозначенным вопросам. - контрольные работы; - практические задания.	20	Собеседование. Тестирование.
3	<u>Тема 8</u> Основы теории массопередачи.	ПК - 19	- изучение основной и дополнительной литературы, рекомендованной по курсу; - оформление отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию по обозначенным вопросам. - контрольные работы; - практические задания.	20	Отчет о лабораторной работе, собеседование. Тестирование.
	<u>Тема 9</u> Абсорбция и десорбция.	ПК - 19	- изучение основной и дополнительной литературы, рекомендованной по курсу; - оформление отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию по обозначенным вопросам. - контрольные работы; - практические задания.	20	Отчет о лабораторной работе, собеседование. Тестирование.

Тема 10 Перегонка жидкостей.	ПК - 19	- изучение основной и дополнительной литературы, рекомендованной по курсу; - оформление отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию по обозначенным вопросам. - контрольные работы; - практические задания.	20	Тестирование.
Тема 11 Адсорбция.	ПК - 19	- изучение основной и дополнительной литературы, рекомендованной по курсу; - подготовка к собеседованию по обозначенным вопросам. - контрольные работы; - практические задания;	20	Собеседование.
Тема 12 Сушка.	ПК - 19	- изучение основной и дополнительной литературы, рекомендованной по курсу; - подготовка к собеседованию по обозначенным вопросам. - контрольные работы; - практические задания.	25	Отчет о лабораторной работе, собеседование. Тестирование.
Тема 13 Мембранные процессы.	ПК - 19	- изучение основной и дополнительной литературы, рекомендованной по курсу; - подготовка к собеседованию по обозначенным вопросам. - контрольные работы; - практические задания.	25	Собеседование.
<b>ИТОГО</b>			<b>250</b>	

## 5.2. Примерная тематика рефератов не предусмотрено

## 5.3. Примерная тематика курсовых проектов (работ) Курсовых проектов (работ) не предусмотрено.

## 6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии»

6.1. Темы и содержание учебных занятий в форме самостоятельной работ представлены в табл. 6.1.

Таблица 6.1. Темы и содержание учебных занятий в форме самостоятельной работы

Раздел	Тема	Содержание занятий	Трудоемкость, часов
1	Тема 1 Перемешивание в жидких средах.	Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Химия, 2009, с. 246 – 260.	10
	Тема 2 Основы прикладной гидравлики. Транспортирование жидкостей.	Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Химия, 2009, с. 127 – 152.	10
	Тема 3 Сжатие и транспортирование газов.	Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Химия, 2009, с. 152 – 176.	10

	Тема 4 Классификация неоднородных систем. Основные способы разделения.	Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Химия, 2009, с. 176 – 227.	30
2	Тема 5 Основы теории передачи теплоты.	Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Химия, 2009, с. 260 – 347.	20
	Тема 6 Выпаривание.	Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Химия, 2009, с. 347 – 382.	20
	Тема 7 Кристаллизация.	Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Химия, 2009, с. 632 – 646.	20
3	Тема 8 Основы теории массопередачи.	Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Химия, 2009, с. 382 – 430.	20
	Тема 9 Абсорбция и десорбция.	Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Химия, 2009, с. 434 – 471.	20
	Тема 10 Перегонка жидкостей.	Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Химия, 2009, с. 471 – 520.	20
	Тема 11 Адсорбция.	Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Химия, 2009, с. 563 – 580.	20
	Тема 12 Сушка.	Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Химия, 2009, с. 583 – 632.	25
	Тема 13 Мембранные процессы.	Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: в 2-х книгах. ч. II, Химия, 1995, с. 313 – 356.	25
		ИТОГО	250

## 6.2. Список литературы для самостоятельной работы

Список литературы для самостоятельной работы представлен в табл. 6.2.

Таблица 6.2 - Список литературы для самостоятельной работы

№ п/п	Наименование источника
1	Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: в 2-х книгах ч. II, Химия, 1995. - 368с.
2	Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Химия 2005, 2009. - 753с.

## 6.3. Методическое сопровождение самостоятельной работы

Самостоятельная работа по дисциплине регламентируется следующими разработками:

1. Определение гидравлических сопротивлений трубопроводов: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ; Сост.: С.И. Смирнов, С.Р. Рузанов, Е.Н. Сажина. – Н.Новгород, 2011. – 25с.
2. Снятие характеристик центробежного насоса: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ; Сост.: С.И. Смирнов, А.М. Степанов, С.Р. Рузанов. – Н.Новгород, 2003. – 9с.
3. Снятие характеристик вихревого насоса: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ; Сост.: С.И. Смирнов, С.Р. Рузанов, Е.Н. Сажина. – Н.Новгород, 2009. – 12с.
4. Изучение работы центробежного насоса в гидравлической сети: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ; Сост.: А.С. Ригин, С.И. Смирнов, С.Р. Рузанов, Е.Н. Сажина. – Н.Новгород, 2006. – 16с.
5. Испытание поршневого компрессора: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ; Сост.: С.Р. Рузанов, С.И. Смирнов, А.М. Степанов. – Н.Новгород, 2003. – 10с.

6. Процессы и аппараты химической технологии. Гидромеханические процессы: лабораторный практикум /НГТУ; С.И. Смирнов, С.Р. Рузанов, Е.Н. Сажин. – Н.Новгород, 2014. – 91с.
7. Испытание циклона: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: С.Р. Рузанов, С.И. Смирнов. – Н.Новгород, 2014. – 14с.
8. Испытание лабораторного вакуум-фильтра: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: С.Р. Рузанов, С.И. Смирнов, А.С. Ригин, Е.Н. Сажина – Н.Новгород, 2007. – 10с.
9. Испытание теплообменника труба в трубе: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: С.Р. Рузанов, С.И. Смирнов, Е.Н. Сажина – Н.Новгород, 2010. – 15с.
10. Испытание кожухотрубчатого теплообменника: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: С.Р. Рузанов, С.И. Смирнов, Е.Н. Сажина – Н.Новгород, 2015. – 18с.
11. Испытание выпарной установки: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: С.И. Смирнов, С.Р. Рузанов, А.И. Квашенников. – Н.Новгород, 2013. – 14с.
12. Гидродинамика колонны с колпачковыми тарелками: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: С.Р. Рузанов, С.И. Смирнов, Е.Н. Сажина. – Н.Новгород, 2007. – 14с.
13. Гидродинамика колонны с провальными тарелками: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: С.Р. Рузанов, С.И. Смирнов, Е.Н. Сажина. – Н.Новгород, 2009. – 14с.
14. Изучение массоотдачи в газовой фазе: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: С.И. Смирнов, С.Р. Рузанов. – Н.Новгород, 2016. – 17с.
15. Ректификация водно-спиртового раствора: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ; сост.: В.И. Болмосов, С.Р. Рузанов, С.И. Смирнов. – Н.Новгород, 2001. – 26с.
16. Изучение процесса сушки в воздушной циркуляционной сушилке: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: С.И. Смирнов, С.Р. Рузанов. – Н.Новгород, 2012. – 18с.
17. Процессы и аппараты химической технологии. Содержание курса, примеры расчетов и задания к контрольным работам. Учебное пособие (практикум). / НГТУ им Р.Е. Алексеева; сост. С.И. Смирнов, С.Р. Рузанов, Е.Н. Сажина – Н.Новгород, 2017. – 215с.
18. Процессы и аппараты химической технологии. Тепловые и массообменные процессы: лабораторный практикум. / НГТУ им Р.Е. Алексеева; сост. С.Р. Рузанов, С.И. Смирнов, Е.Н. Сажина – Н.Новгород, 2018. –170с.
19. Методические указания для студентов по организации самостоятельной работы по дисциплинам, закрепленным за преподавателями кафедры, утверждены на заседании кафедры от 04.02.2015 г., протокол №5.
20. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол №2 от 22 апреля 2013г. Электронный адрес: [http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/metod\\_dokym\\_obraz/met\\_rekom\\_organiz\\_samocet\\_rab.pdf?20](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_organiz_samocet_rab.pdf?20).

## **7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной и текущей аттестации обучающихся по дисциплине**

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Этапы формирования компетенций (с указанием дисциплин, формирующих компетенции совместно с дисциплиной Процессы и аппараты химической технологии) отражены в разделе 3 (табл. 3.1 и 3.2).

Зная этапы формирования компетенций и место дисциплины Процессы и аппараты химической технологии в этой ценностной цепочке создаем систему оценки уровней сформированности компетенций и результатов обучения по данной дисциплине. Для этого планируем результаты

ты обучения (знать, уметь и владеть) оцениваем, применив определенные критерии оценки, для чего формируем шкалу и процедуры оценивания (табл. 7.1).

Для каждого результата обучения выделяем 4 критерия, соответствующие степени сформированности данной компетенции (или ее части).

Эталонный планируемый результат соответствует критерию 4 (точность, правильность, соответствие).

Критерии 1-3 – показатели «отклонений от «эталона»».

Критерий 2 – минимальный приемлемый уровень сформированности компетенции (или ее части).

Таблица 7.1. – Шкалы оценивания на этапе промежуточной аттестации по дисциплине

№ пп	Наименование этапа	Технология оценивания	Шкала (уровень) оценивания (j – уровень оценивания)				Этапы контроля
			ниже порогового К1	Пороговый К2	Углубленный К3	Продвинутый К4	
1	Усвоение материала дисциплины	Знаниевая компонента	Отсутствие усвоения	Не полное усвоение	Хорошее усвоение	Отличное усвоение	Экзамен
		Деятельностная компонента (Задачи, задания,)	Невыполнение лабораторных работ, контрольных работ, практических заданий.	Лабораторные работы выполнены, отчеты о лабораторных работах не содержат анализа полученных результатов и обоснованных выводов. Решение контрольных, практических работ с ошибками	Лабораторные работы выполнены, отчеты о лабораторных работах содержат анализ полученных результатов, выводы не достаточно обоснованы. Правильное решение контрольных, практических работ с отдельными недочетами	Лабораторные работы выполнены, отчеты о лабораторных работах содержат анализ полученных результатов и обоснованные выводы. Правильное решение контрольных, практических работ без ошибок	

Критерии для определения уровня сформированности компетенций в рамках дисциплины при промежуточной аттестации (экзамен):

Знаниевый компонент (знания) включает в себя планирование знаний на следующих уровнях:

- уровень знакомства с теоретическими основами -  $Z_1$ ;
- уровень воспроизведения -  $Z_2$ ;
- уровень извлечения новых знаний -  $Z_3$ .

Деятельностный компонент (умения и навыки) планируется на следующих уровнях:

- умение решать типовые задачи с выбором известного метода, способа -  $Y_1$ ;
- умение решать задачи путем комбинации известных методов, способов -  $Y_2$ ;
- умение решать нестандартные задачи -  $Y_3$ .

**7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формировании, описание шкал оценивания (табл. 7.2)**

Таблица 7.2 – Показатели достижений заданного уровня освоения компетенций в зависимости от этапа формирования

Планируемые результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения (уровень усвоения)				Процедуры оценивания
	1. Отсутствие усвоения (ниже порогового) К1	2. Неполное усвоение (пороговый) К2	3. Хорошее усвоение (углубленный) К3	4. Отличное усвоение (продвинутый) К4	
<b>Знать ПК-19</b>					
З <sub>1</sub> – основные законы гидромеханических, тепловых и массообменных процессов в производстве органических веществ	- не знает основные законы гидромеханических, тепловых и массообменных процессов в производстве органических веществ	- имеет общие представления о основных законах гидромеханических, тепловых и массообменных процессов в производстве органических веществ	- имеет основные представления о основных законах гидромеханических, тепловых и массообменных процессов в производстве органических веществ	- уверено владеет основными законами гидромеханических, тепловых и массообменных процессов в производстве органических веществ	Тестирование, собеседование, экзамен, зачет с оценкой.
З <sub>2</sub> – принципы анализа условий и режимов работы действующего оборудования в производстве органических веществ	- не знает основных принципов анализа условий и режимов работы действующего оборудования в производстве органических веществ	- имеет общие представления о принципах анализа условий и режимов работы действующего оборудования в производстве органических веществ	- имеет достаточные представления о принципах анализа условий и режимов работы действующего оборудования в производстве органических веществ	- уверено владеет основными принципами анализа условий и режимов работы действующего оборудования в производстве органических веществ	Тестирование, собеседование, экзамен, зачет с оценкой.
З <sub>3</sub> – новые достижения техники для проведения гидромеханических, тепловых и массообменных процессов	- не знает основных достижений техники для проведения гидромеханических, тепловых и массообменных процессов	- имеет общие представления о достижениях техники для проведения гидромеханических, тепловых и массообменных процессов	- имеет достаточные представления о достижениях техники для проведения гидромеханических, тепловых и массообменных процессов	- уверено владеет вопросами основных достижений техники для проведения гидромеханических, тепловых и массообменных процессов	Тестирование, собеседование, экзамен, зачет с оценкой.
<b>Уметь ПК-19</b>					
У <sub>1</sub> – анализировать условия и режимы работы аппаратов для проведения гидромеханических, тепловых и массообменных процессов.	- не умеет анализировать условия и режимы работы аппаратов для проведения гидромеханических, тепловых и массообменных процессов.	- имеет общие представления о анализе условий и режимов работы аппаратов для проведения гидромеханических, тепловых и массообменных процессов.	- имеет достаточные представления о анализе условий и режимов работы аппаратов для проведения гидромеханических, тепловых и массообменных процессов.	- уверено владеет основными вопросами анализа условий и режимов работы аппаратов для проведения гидромеханических, тепловых и массообменных процессов.	Тестирование, собеседование, экзамен, зачет с оценкой.
У <sub>2</sub> – анализировать условия и режимы работы действующего оборудования в производстве органических веществ	- не умеет анализировать условия и режимы работы действующего оборудования в производстве органических веществ	- имеет общие представления о принципах анализа условий и режимов работы действующего оборудования в производстве органических веществ	- имеет достаточные представления о принципах анализа условий и режимов работы действующего оборудования в производстве органических веществ	- уверено владеет основными принципами анализа условий и режимов работы действующего оборудования в производстве органических веществ	Тестирование, собеседование, экзамен, зачет с оценкой.
У <sub>3</sub> – решать практические задачи по расчету нового оборудования	- не умеет подбирать и эксплуатировать новое оборудование	- имеет общие представления о подборе и эксплуатации нового обо-	- имеет достаточные представления о подборе и эксплуатации нового обо-	- уверено владеет основными вопросами подбора и эксплуатации но-	Тестирование, собеседование, экзамен, зачет с оценкой.

		рудования	оборудования	вого оборудования	
--	--	-----------	--------------	-------------------	--

### 7.3. Материалы для текущей аттестации

Шкалы оценивания этапа текущей аттестации приведены в табл. 7.3.

Таблица 7.3. Этап текущей аттестации по дисциплине

Вид оценивания аудиторных занятий	Технология оценивания	Шкала (уровень) оценивания на этапе текущего контроля			
		1. Отсутствие усвоения (ниже порогового) К1	2. Неполное усвоение (пороговый) К2	3. Хорошее усвоение (углубленный) К3	4. Отличное усвоение (продвинутый) К4
Работа на лекциях	Выполнение тестов	выполнение менее 50%	выполнение выше 50%	выполнение более 75%	выполнение более 95%
Работа на лабораторных занятиях	Выполнение лабораторных работ и оформление отчетов о лабораторных работах	работа не выполнена, т.к. материал не усвоен	работа выполнена, но отчет не полностью соответствует требованиям	работа выполнена, отчет содержит незначительные недочеты	работа и отчет выполнены без замечаний
Работа на лабораторных занятиях	Собеседование	отсутствие участия	единичное высказывание	активное участие в обсуждении	высказывание неординарных суждений с обоснованием точки зрения
Оценка		неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично

#### Критериальная оценка:

Пороговый уровень	оценка «удовлетворительно»	1.2 + 2.2 + 3.2 или 1.1 + 2.2 + 3.2
Пороговый уровень	оценка «хорошо»	1.3 + 2.3 + 3.3 или 1.2 + 2.3 + 3.3
Пороговый уровень	оценка «отлично»	1.4 + 2.4 + 3.4 или 1.3 + 2.4 + 3.4

### 7.4. Материалы для промежуточной аттестации

Формой промежуточной аттестации по дисциплине является экзамен  
(зачет, зачет с оценкой, экзамен)

Шкала оценивания этапа промежуточной аттестации (экзамен) приведена в табл. 7.4.

Таблица 7.4 – Этап промежуточной аттестации по дисциплине

Наименование этапа оценивания	Технология оценивания	Шкала (уровень) оценивания на этапе промежуточной аттестации				Этапы контроля
		1. Отсутствие усвоения (ниже порогового)	2. Неполное усвоение (пороговый)	3. Хорошее усвоение (углубленный)	4. Отличное усвоение (продвинутый)	
Выполнение лабораторных работ	Выполнение работ	невыполнение работ	выполнение с нарушением рекомендуемых методик работы	выполнение с соблюдением рекомендуемых методик работы	выполнение с полным и точным соблюдением рекомендуемых методик работы	Допуск к работам

	Отчеты о лабораторных работах		отсутствие отчетов	содержание отчета не полностью соответствует требованиям	содержание отчета в целом соответствует требованиям	содержание отчета полностью соответствует требованиям, отчет содержит обоснованные выводы по работе	Отчет о лабораторной работе
Отработка пропущенных лабораторных занятий			не выполнена лабораторная работа	неполное усвоение	хорошее усвоение	отличное усвоение	Допуск к себе-седованию по лаб. Работам
Выполнение практических заданий	решение задач						защита решений
Отработка пропущенных занятий							допуск к практической работе
Усвоение материала	Знаниевая компонента	З	не выполнение заданий	Неполное усвоение	Хорошее усвоение	отличное усвоение	Экзамен, зачет с оценкой
	Деятельностная компонента	У	отсутствие отчета по лабораторным работам, отсутствие решений практических заданий	умение анализировать на низком уровне	умение анализировать и сопоставлять на хорошем уровне	умение анализировать и сопоставлять на высоком уровне	
<b>Оценка</b>			неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично	

**Критериальная оценка** (на основании табл. 7.2):

Пороговый уровень	оценка «удовлетворительно»	$Z_1 + Y_1$ или $Z_2 + Y_1$
Пороговый уровень	оценка «хорошо»	$Z_2 + Y_2$ или $Z_3 + Y_2$ или $Z_1 + Y_3$
Пороговый уровень	оценка «отлично»	$Z_3 + Y_3$ или $Z_2 + Y_3$

**Оценки "отлично"** заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять практические задания, предусмотренные программой, усвоивший основную литературу и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой.

**Оценки "хорошо"** заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе практические задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Оценка "хорошо" выставляется обучающимся, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

**Оценки "удовлетворительно"** заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением практических заданий, предусмотренных программой, знакомых с основной литературой, рекомендованной программой. Оценка "удовлетворительно" выставляется обучающимся, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.



**Оценка "неудовлетворительно"** выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой практических заданий. Оценка "неудовлетворительно" ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании образовательного учреждения без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

**7.5. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной деятельности**

7.5.1. Конкретная технология оценивания, оценочные средства

Конкретная технология оценивания, в зависимости от вида учебной работы, представлена в табл. 5.2 - 5.5, оценочные средства указаны в табл. 7.5.

Для выполнения процедур оценивания составлен паспорт оценочных средств (табл. 7.5)

Таблица 7.5 - Паспорт оценочных средств

№ п/п	Тематика для контроля	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Количество тестовых заданий	Другие оценочные средства	
				вид	количество
1	<u>Тема 1</u> Перемешивание в жидких средах.	ПК-19	238	Контрольные задания. Вопросы для собеседования	30 14
2	<u>Тема 2</u> Основы прикладной гидравлики. Транспортирование жидкостей.	ПК-19			
3	<u>Тема 3</u> Сжатие и транспортирование газов.	ПК-19			
4	<u>Тема 4</u> Классификация неоднородных систем. Основные способы разделения.	ПК-19	75	Контрольные задания. Вопросы для собеседования	10 14
5	<u>Тема 5</u> Основы теории передачи теплоты.	ПК-19	269	Контрольные задания. Вопросы для собеседования	30 10
6	<u>Тема 6</u> Выпаривание.	ПК-19	53	Контрольные задания. Вопросы для собеседования	10 13
7	<u>Тема 7</u> Кристаллизация.	ПК-19			
8	<u>Тема 8</u> Основы теории массопередачи.	ПК-19	207	Контрольные задания. Вопросы для собеседования	10 12
9	<u>Тема 9</u> Абсорбция и десорбция.	ПК-19	41	Контрольные задания. Вопросы для собеседования	10 6
10	<u>Тема 10</u> Перегонка жидкостей.	ПК-19	30	Контрольные задания. Вопросы для собеседования	10 6
11	<u>Тема 11</u> Адсорбция.	ПК-19	-	Контрольные задания. Вопросы для собеседования	10 6
12	<u>Тема 12</u> Сушка.	ПК-19	45	Контрольные задания. Вопросы для собеседования	10 11
13	<u>Тема 13</u> Мембранные процессы.	ПК-19	-	Вопросы для собеседования	10

## 7.5.2. Комплект оценочных материалов, предназначенных для оценивания уровня сформированности компетенций на определенных этапах обучения

Объектами оценивания выступают (таблица 7.3, 7.5):

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний, уровень овладения практическими умениями и навыками (выполнение лабораторных работ);
- результаты самостоятельной работы (домашняя работа).

Активность студента на занятиях оценивается на основе выполненных студентом работ и заданий, предусмотренных данной рабочей программой дисциплины.

Комплект оценочных материалов для проведения промежуточной аттестации в форме экзамена включает в себя комплект заданий для текущей и промежуточной аттестации.

### 7.5.2.1. Комплект оценочных материалов для текущей аттестации

**Тесты, проводимые в форме опроса** (количество оценочных средств согласно паспорту, таблица 7.5)

Пример тестовых вопросов по теме 2 (оценочные средства в полном объеме хранятся на кафедре «ТОХПП»)

1. Какая размерность площади поперечного сечения трубопровода, аппарата?
2. Какая размерность силы в системе СИ?
3. Какая размерность давления в системе СИ?
4. Какая размерность давления в системе МКГСС?
5. Какая применяется внесистемная размерность давления?
6. Какая размерность работы, энергии в системе СИ?
7. Какая размерность мощности в системе СИ?
8. Какая размерность теплоты в системе СИ?
9. Укажите схему графической иллюстрации уравнения Бернулли для течения идеальной жидкости.
10. Укажите схему графической иллюстрации уравнения Бернулли для течения реальной жидкости.
11. Укажите принципиальную схему измерения скорости (расхода) жидкости мерной диафрагмой.
12. Укажите принципиальную схему вихревого насоса.
13. Укажите принципиальную схему центробежного насоса.

### **Вопросы для собеседования при сдаче отчетов о лабораторных работах**

Пример вопросов для собеседования при сдаче лабораторной работы «Испытание поршневого компрессора» (Вопросы для собеседования приведены в методических указаниях к лабораторной работе)

1. Классификация компрессорных машин и область их применения.
2. Работа сжатия и потребляемая мощность.
3. Индикаторная диаграмма поршневого компрессора.
4. Основные параметры компрессора: производительность, мощность, коэффициент подачи, степень сжатия.
5. Многоступенчатое сжатие газа.
6. Центробежные и ротационные компрессоры, области применения и характеристики.

Таблица 7.6 - Оценочные средства дисциплины для текущей аттестации

	Код формируемой компетенции	Вопросы (номера вопросов)	Задания (номера заданий)
1	ПК-19	1-103	1-83

7.5.2.2. Комплект оценочных материалов для промежуточной аттестации

*Контрольные вопросы (7семестр):*

1. Классификация основных процессов химической технологии. Основные общие характеристики процессов.
2. Основные понятия и характеристики движения жидкости.
3. Основы теории подобия. Теоремы подобия.
4. Основы теории подобия. Критерии подобия.
5. Основы теории подобия. Критериальное уравнение гидродинамики.
6. Метод анализа размерностей.
7. Основное уравнение гидростатики.
8. Практическое приложение основного уравнения гидростатики(принцип сообщающихся сосудов, пневматическое измерение количества жидкости в резервуарах, гидростатические машины, давление жидкости на дно и стенки сосуда).
9. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости.
10. Практическое приложение уравнения Бернулли (принципы измерения скорости и расхода жидкости).
11. Практическое приложение уравнения Бернулли (истечение жидкости при постоянном уровне жидкости в сосуде).
12. Гидравлическое сопротивление при движении жидкостей по трубопроводам.
13. Расчет диаметра трубопроводов. Оптимальный диаметр трубопровода.
14. Движение жидкости через стационарный пористый слой твердый частиц.
15. Гидродинамика псевдооживленного слоя. Пневмотранспорт частиц.
16. Способы перемешивания, их достоинства и недостатки, области применения. Мощность потребляемая при механическом перемешивании. Расход газа и его давление при пневматическом перемешивании. Затраты энергии при использовании вставок и насосов.
17. Классификация неоднородных систем. Основные методы разделения неоднородных систем.
18. Материальный баланс процесса разделения неоднородной системы.
19. Отстаивание. Скорость осаждения частиц под действием силы тяжести.
20. Расчет отстойника.
21. Фильтрация суспензий. Свойства осадков. Фильтровальные перегородки. Режимы работы фильтров.
22. Уравнение фильтрации при постоянной разности давлений.
23. Уравнение фильтрации при постоянной скорости процесса.
24. Уравнение фильтрации при постоянной разности давлений и скорости. Операция промывки.
25. Продолжительность цикла фильтрации при разделении суспензий. Определение необходимой поверхности фильтра.
26. Порядок подбора фильтра для фильтрации суспензии.
27. Центрифугирование. Центробежная сила и фактор разделения.
28. Упрощенный метод расчета производительности отстойной центрифуги.
29. Упрощенный метод расчета производительности фильтрующей центрифуги.
30. Разделение газовых неоднородных систем под действием электрических сил.
31. Способы очистки газов, их достоинства и недостатки, сравнительная характеристика.
32. Основные параметры насосов.
33. Напор насоса.
34. Высота всасывания насоса. Кавитация.

35. Производительность поршневых насосов. Характеристика поршневого насоса. Графики подачи насосов.
36. Регулирование производительности поршневых насосов. Достоинства и недостатки поршневых насосов.
37. Основное уравнение ц/б машин Эйлера. Влияние формы лопаток на напор центробежного насоса. Законы пропорциональности ц/б машин. Характеристики ц/б насосов. Работа ц/б насосов на сеть. Совместная работа насосов на сеть.
38. Регулирование производительности ц/б насосов. Достоинства и недостатки ц/б насосов.
39. Классификация компрессорных машин.
40. Процессы сжатия газа (изотермический, адиабатический, политропический). Удельные затраты энергии на сжатие. Изображение процессов сжатия в  $P-V$  и  $T-S$  координатах.
41. Индикаторная диаграмма поршневого компрессора.
42. Производительность поршневого компрессора.
43. Многоступенчатое сжатие с охлаждением газа между ступенями. Изображение в  $P-V$  и  $T-S$  координатах.
44. Регулирование производительности поршневых компрессоров. Достоинства и недостатки поршневых компрессоров.
45. Регулирование производительности ц/б машин для сжатия и перемещения газов. Достоинства и недостатки ц/б машин для сжатия и перемещения газов.
46. Способы распространения тепла. Схема процесса переноса тепла. Тепловые балансы.
47. Передача тепла теплопроводностью. Теплопроводность плоской стенки.
48. Передача тепла теплопроводностью. Теплопроводность цилиндрической стенки.
49. Тепловое излучение. Законы Стефана-Больцмана, Кирхгофа.
50. Передача тепла конвекцией. Закон теплоотдачи. Уравнения подобия конвективного теплообмена.
51. Теплопередача. Основное уравнение. Теплопередача через плоскую стенку. Уравнение аддитивности термических сопротивлений.
52. Средняя разность температур при теплообмене.
53. Взаимное направление движения теплоносителей, его выбор.
54. Общие принципы теплового расчета теплообменников.
55. Принципы теплового расчета кожухотрубчатого теплообменника.
56. Принципы теплового расчета конденсаторов паров.
57. Тепловая изоляция. Расчет тепловой изоляции.
58. Способы интенсификации теплообмена.
59. Нагревающие агенты, способы нагревания и области применения.
60. Охлаждающие агенты, способы охлаждения и области применения.

*Контрольные вопросы (8 семестр):*

61. Однокорпусное выпаривание. Материальный и тепловой балансы.
62. Полезная разность температур при выпаривании. Расчет поверхности нагрева одного корпуса.
63. Многокорпусное выпаривание. Материальный и тепловой балансы.
64. Общая полезная разность температур при выпаривании. Распределение общей полезной разности температур при условии равенства поверхности нагрева корпусов.
65. Общая полезная разность температур при выпаривании. Распределение общей полезной разности температур при условии минимальной суммарной поверхности нагрева корпусов.
66. Многокорпусное выпаривание. Схемы многокорпусных установок. Выбор числа корпусов.
67. Экономия тепла при выпаривании.
68. Материальный и тепловой балансы изотермической кристаллизации.
69. Материальный и тепловой балансы изогидрической кристаллизации.
70. Виды процессов массопередачи. Схема процесса переноса вещества. Фазовое равновесие.
71. Материальный баланс и уравнение рабочей линии массообменного процесса.
72. Диффузионный и конвективный перенос вещества. Механизм процессов массопереноса.

73. Массоотдача. Уравнение массоотдачи. Критериальное уравнение массоотдачи.
74. Массопередача. Уравнение массопередачи. Уравнение аддитивности фазовых сопротивлений.
75. Средняя движущая сила процессов массопередачи.
76. Модифицированные уравнения массопередачи.
77. Расчет основных размеров массообменных аппаратов с непрерывным контактом фаз.
78. Расчет основных размеров массообменных аппаратов с ступенчатым контактом фаз.
79. Равновесие при абсорбции. Материальный баланс абсорбции.
80. Уравнение рабочей линии процесса абсорбции при противотоке и прямотоке фаз, рециркуляцией абсорбента.
81. Материальный баланс абсорбции. Определение рабочего расхода абсорбента.
82. Дистилляция и ректификация. Фазовое равновесие в системе жидкость-пар.
83. Простая и фракционная перегонка. Материальный баланс.
84. Ректификация. Допущения принятые при рассмотрении процесса. Материальный баланс.
85. Уравнение рабочих линий для укрепляющей и исчерпывающей части ректификационной колонны.
86. Минимальное и действительное флегмовое число при расчете ректификации.
87. Материальный и тепловой балансы ректификационной колонны.
88. Экономия энергии в ректификационных установках.
89. Экстракция. Принципиальные схемы экстракции. Равновесие в системе жидкость-жидкость.
90. Материальный баланс экстракции. Принципиальные схемы однократной и многократной экстракции.
91. Адсорбция. Промышленные адсорбенты и их основные характеристики.
92. Равновесие в процессах адсорбции. Скорость адсорбции. Уравнение Шилова.
93. Расчет периодических и непрерывно действующих адсорберов.
94. Сушка. Параметры влажного воздуха. I-X диаграмма влажного воздуха.
95. Изображение процессов изменения состояния воздуха на I-X диаграмме (нагревание, охлаждение, сушка, смешение).
96. Равновесие в процессах сушки. Формы связи влаги с материалом.
97. Материальный баланс сушки. Баланс влаги в сушильном агенте.
98. Тепловой баланс конвективной сушилки. Теоретическая сушилка.
99. Тепловой баланс контактной сушилки.
100. Варианты процесса сушки. Достоинства и недостатки вариантов.
101. Скорость сушки. Испарение влаги с поверхности и ее перемещение внутри материала.
102. Сущность процесса мембранного разделения смесей. (Основные характеристики, обратный осмос, ультрафильтрация, испарение через мембрану, диализ, электродиализ, диффузионное разделение газов.)
103. Мембраны. Кинетика процессов мембранного разделения смесей. Влияние различных факторов на процесс мембранного разделения смесей.

Таблица 7.7 - Оценочные средства дисциплины для промежуточной аттестации

	Код формируемой компетенции	Вопросы (номера вопросов)	Задания (номера заданий)
1	ПК-19	1-103	1-83

Образцы оценочных средств (примеры практических и лабораторных занятий; контрольные вопросы и работы; вопросы для тестирования и тд., в зависимости, что указано в РПД)

7.6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Методические материалы представлены ниже:

- Положение о фонде оценочных средств для установления уровня сформированности компетенций обучающихся и выпускников на соответствие требованиям ФГОС ВО от 5 декабря 2014 г. [http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/norm\\_dokym\\_ngty/pologo\\_fonde\\_ocen\\_sredstv.pdf](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/norm_dokym_ngty/pologo_fonde_ocen_sredstv.pdf) ;

- Положение о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся НГТУ [http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/norm\\_dokym\\_ngty/polog\\_kontrol\\_yspev.pdf](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/norm_dokym_ngty/polog_kontrol_yspev.pdf) ;

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

### Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

<b>Б1.В.ОД.15</b> Процессы и аппараты химической технологии (полное название дисциплины)	<b>Б1.В.ОД Вариативная часть</b>	
	<input checked="" type="checkbox"/> обязательная <input type="checkbox"/> по выбору студента	<input type="checkbox"/> базовая часть цикла <input checked="" type="checkbox"/> вариативная часть цикла
<b>18.03.01</b> (код направления / специальности)	<b>Химическая технология</b> Направленность (профиль): Химическая технология органических веществ (полное название направления подготовки / специальности)	
<b>ХТ</b> (аббревиатура направления / специальности)	Уровень подготовки <input type="checkbox"/> специалист <input checked="" type="checkbox"/> бакалавр <input type="checkbox"/> магистр	Форма обучения <input type="checkbox"/> очная <input checked="" type="checkbox"/> заочная <input type="checkbox"/> очно-заочная
<u>2018</u> (год утверждения учебного плана ОПОП)	Семестр 7 Семестр 8	Количество групп <u>1</u> Количество студентов <u>10</u>

### СПИСОК ИЗДАНИЙ

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1	2	3
1 Основная литература		
1	Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Химия, 2005, 2009. -753с.	59 74
2	Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: в 2-х книгах, Химия, 1995. ч. I, ч. II. - 400с, 368с.	136 138
3	Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Химия, 2007, 497с.	37
4	Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию. Химия, 2007. -496с.	98
2 Дополнительная литература		

2.1 Учебные и научные издания		
1	Романков П.Г., Курочкина М.И. Гидромеханические процессы химической технологии. Химия, 1982. – 288с.	5
2	Рамм В.М. Абсорбция газов. Химия, 1976. – 656с.	39
3	Плановский А.Н., Муштаев В. И., Ульянов В.М. Сушка дисперсных материалов в химической промышленности. Химия, 1979. – 288с.	4
4	Дытнерский Ю.И. Баромембранные процессы. Химия, 1986. – 272с.	1

### Основные данные об обеспеченности на

(дата составления рабочей программы)

основная литература  обеспечена  не обеспечена

дополнительная литература  обеспечена  не обеспечена

### 9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

#### 9.1. Ресурсы системы федеральных образовательных порталов:

1. Федеральный портал. Российское образование. <http://www.edu.ru/>
  2. Российский образовательный портал. <http://www.school.edu.ru/default.asp>
  3. Естественный научно-образовательный портал. <http://www.en.edu.ru/>
  4. Федеральный правовой портал. Юридическая Россия. <http://www.law.edu.ru/>
  5. Информационно-коммуникационные технологии в образовании. <http://www.ict.edu.ru/>
  6. Федеральный образовательный портал. Социально-гуманитарное и политическое образование. <http://www.humanities.edu.ru/>
  7. Российский портал открытого образования. <http://www.openet.edu.ru/>
  8. Федеральный образовательный портал. Инженерное образование. <http://www.techno.edu.ru/>
  9. Федеральный образовательный портал. Здоровье и образование. <http://www.valeo.edu.ru/>
  10. Федеральный образовательный портал. Международное образование. <http://www.international.edu.ru/>
  11. Федеральный образовательный портал. Непрерывная подготовка преподавателей. <http://www.neo.edu.ru/wps/portal>
  12. Государственное учреждение «Центр исследований и статистики науки» ЦИСН. Официальный сайт: <http://www.csrs.ru/about/default.htm>.
  13. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики РФ. Электронный ресурс: <http://www.gks.ru>.
- Зарубежные сетевые ресурсы
14. Архив научных журналов издательства <http://iopscience.iop.org/> и т.д.

9.2. Научно-техническая библиотека НГТУ им. Р.Е. Алексева  
<http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/bibl.html>

#### 9.2.1. Электронные библиотечные системы

Электронно-библиотечная система ООО «Издательство Лань»:

Электронный каталог книг <http://library.nntu.nnov.ru/>

Электронный каталог периодических изданий <http://library.nntu.nnov.ru/>

Информационная система доступа к каталогам библиотек сферы образования и науки ЭКБСОН  
<http://www.vlibrary.ru/>

Электронная библиотечная система «Университетская библиотека ONLINE НГТУ»  
[http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub)

Электронная библиотека "Айбукс" <http://ibooks.ru/>

Реферативные наукометрические базы

WebofScience [http://apps.webofknowledge.com/UA\\_GeneralSearch\\_input.do](http://apps.webofknowledge.com/UA_GeneralSearch_input.do)  
Scopus <http://www.scopus.com/>  
Реферативные журналы [http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/resyrs/ref\\_gyrnal\\_14.htm](http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/resyrs/ref_gyrnal_14.htm)  
Госты Нормы, правила, стандарты и законодательство России  
<http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/resyrs/norma.htm>  
База данных гостов РосИнформ Вологодского ЦНТИ  
[http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/resyrs/baza\\_gost.htm](http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/resyrs/baza_gost.htm)  
Бюллетени новых поступлений литературы в библиотеку  
<http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/index.htm>  
Ресурсы Интернет <http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/index.htm>  
Персональные библиографические указатели ученых НГТУ  
[http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/bibl\\_ych.html](http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/bibl_ych.html)

#### *Доступ онлайн*

Научные журналы НЭИКОН  
ЭБС BOOK.ru.  
База данных зарубежных диссертаций "ProQuestDissertation&ThesesGlobal"  
ЭБС ZNANIUM.COM  
ЭБС издательства "Лань"  
ЭБС "Айбукс"  
База данных Scopus издательства Elsevier; База данных WebofScienceCoreCollection  
База данных Polpred.com Обзор СМИ  
Электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/news.html>

9.3. Центр дистанционных образовательных технологий НГТУ им. Р.Е. Алексева  
Электронная библиотека [http://cdot-nntu.ru/?page\\_id=312](http://cdot-nntu.ru/?page_id=312)  
*Другое, что вы используете в качестве ресурсов сети «Интернет».*

9.4 Научно-техническая библиотека ДПИ НГТУ <http://http://www.dpi-ngtu.ru/>

#### 9.4.1. Электронные библиотечные системы

Электронно-библиотечная система ООО «Издательство Лань»: <http://e.lanbook.com/>  
Электронно-библиотечная система издательства «ЮРАЙТ» <http://biblio-online.at/home?1>  
Информационная система «Единое окно доступа к информационным ресурсам»  
<http://window.edu.ru/catalog/>  
Госты Нормы, правила, стандарты и законодательство России <http://gost-rf.ru/>  
Электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru/defaultx.asp>

#### 9.4.2. Информационные ресурсы библиотеки ДПИ НГТУ

Электронный каталог - локально  
Электронная библиотека - локально  
База выполненных запросов - локально  
**Реферативные журналы Falcon 2.0** - локально  
Справочно-поисковая система «КонсультантПлюс» - локально  
Виртуальная выставка трудов преподавателей ДПИ НГТУ <http://www.dpi-ngtu.ru/aboutlibrary/1115—2015>  
Виртуальная выставка трудов преподавателей ДПИ НГТУ (Архив) <http://www.dpi-ngtu.ru/aboutlibrary/862-virtvistavkaprepoddpingtu>  
Библиографические указатели преподавателей ДПИ НГТУ <http://www.dpi-ngtu.ru/aboutlibrary/798-biblukazateliprepodovdpi>  
Бюллетень новых поступлений [http://dpi-ngtu.ru/doc\\_for\\_load/novie\\_postuplenia.pdf](http://dpi-ngtu.ru/doc_for_load/novie_postuplenia.pdf)  
Периодические издания: «Периодические издания ДПИ НГТУ»; «Сводный список журналов»;



«Журналы в интернете» <http://www.dpi-ngtu.ru/aboutlibrary/periodizdaniya>  
Виртуальные выставки <http://www.dpi-ngtu.ru/aboutlibrary/virtvistavki>  
Научно-техническая библиотека НГТУ им. Р.Е. Алексеева  
<http://www.ntu.rii/RUS/biblioteka/bilt.html>

#### 9.4.3. Интернет-ресурсы <http://www.dpi-ngtu.ru/aboutlibrary/resources>

Официальные сайты  
Образовательные ресурсы  
Библиотеки в интернете  
Патенты и стандарты  
Информационные центры  
Энциклопедии, справочники, словари

#### 9.4.4. Материалы в помощь студентам: <http://www.dpi-ngtu.ru/aboutlibrary/resources>

### 10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

#### 10.1. Методические рекомендации, разработанные преподавателем:

- Методические рекомендации для студентов по организации аудиторной работы по дисциплинам, закрепленным за преподавателями кафедры, утверждены на заседании кафедры от 04.02.2015 г., протокол № 5.
- Определение гидравлических сопротивлений трубопроводов: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ; Сост.: С.И. Смирнов, С.Р. Рузанов, Е.Н. Сажина. – Н.Новгород, 2011. – 25с.
- Снятие характеристик вихревого насоса: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ; Сост.: С.И. Смирнов, С.Р. Рузанов, Е.Н. Сажина. – Н.Новгород, 2009. – 12с.
- Изучение работы центробежного насоса в гидравлической сети: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ; Сост.: А.С. Ригин, С.И. Смирнов, С.Р. Рузанов, Е.Н. Сажина. – Н.Новгород, 2006. – 16с.
- Процессы и аппараты химической технологии. Гидромеханические процессы: лабораторный практикум /НГТУ; С.И. Смирнов, С.Р. Рузанов, Е.Н. Сажина. – Н.Новгород, 2014. – 91с.
- Испытание лабораторного вакуум-фильтра: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: С.Р. Рузанов, С.И. Смирнов, А.С. Ригин, Е.Н. Сажина – Н.Новгород, 2007. – 10с.
- Испытание теплообменника труба в трубе: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: С.Р. Рузанов, С.И. Смирнов, Е.Н. Сажина – Н.Новгород, 2010. – 15с.
- Испытание кожухотрубчатого теплообменника: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: С.Р. Рузанов, С.И. Смирнов, Е.Н. Сажина – Н.Новгород, 2015. – 18с.
- Гидродинамика колонны с колпачковыми тарелками: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: С.Р. Рузанов, С.И. Смирнов, Е.Н. Сажина. – Н.Новгород, 2007. – 14с.
- Гидродинамика колонны с провальными тарелками: метод.указания к лабораторной работе. /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: С.Р. Рузанов, С.И. Смирнов, Е.Н. Сажина. – Н.Новгород, 2009. – 14с.
- Процессы и аппараты химической технологии. Содержание курса, примеры расчетов и задания к контрольным работам. Учебное пособие (практикум). / НГТУ им Р.Е. Алексеева; сост. С.И. Смирнов, С.Р. Рузанов, Е.Н. Сажина – Н.Новгород, 2017. – 215с.
- Процессы и аппараты химической технологии. Тепловые и массообменные процессы: лабораторный практикум. / НГТУ им Р.Е. Алексеева; сост. С.Р. Рузанов, С.И. Смирнов, Е.Н. Сажина – Н.Новгород, 2018. –170с.

#### 10.2. Методические рекомендации НГТУ им. Р.Е.Алексеева:

- Методические рекомендации по организации аудиторной работы. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электрон-

ный адрес: [http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/metod\\_dokym\\_obraz/met\\_rekom\\_aydit\\_rab.pdf?20](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_aydit_rab.pdf?20).  
Дата обращения 23.09.2015.

- Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес: [http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/metod\\_dokym\\_obraz/met\\_rekom\\_organiz\\_samoct\\_rab.pdf?20](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_organiz_samoct_rab.pdf?20). Учебное пособие «Проведение занятий с применением интерактивных форм и методов обучения», Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г., 2013г. Электронный адрес: [http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/metod\\_dokym\\_obraz/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf).
- Учебное пособие «Организация аудиторной работы в образовательных организациях высшего образования», Ивашкин Е.Г., Жукова Л.П., 2014 г. Электронный адрес: [http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/metod\\_dokym\\_obraz/organizaciya-auditornoj-raboty.pdf](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/organizaciya-auditornoj-raboty.pdf).

### **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Дисциплина, относится к группе дисциплин, в рамках которых предполагается использование информационных технологий как вспомогательного инструмента.

Информационные технологии применяются в следующих направлениях: при поиске и обработке информации по теме практических заданий, а также при выполнении лабораторной работы.

### **12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Таблица 12.1 – Сведения о помещениях

№ ауд	Наименование аудитории	Площадь, м <sup>2</sup>	Количество посадочных мест
3101	Аудитория лекционных занятий	60	50
3104	Лаборатория "Массообменных и тепловых процессов"		
3106	Лаборатория «Гидромеханических процессов»	36	15
3107	Лаборатория "Гидромеханических и тепловых процессов"	36	15
1436	Компьютерный класс	40	12

Таблица 12.2 – Основное учебное оборудование

№ ауд	Наименование специализированных аудиторий и лабораторий	Перечень основного оборудования
3101	Аудитория лекционных занятий	Мультимедийное оборудование
3104	Лаборатория "Массообменных и тепловых процессов"	Лабораторные установки: "Кинетика сушки"; Испытание кожухотрубного теплообменника"; "Испытание теплообменника труба в трубе"; "Массоотдача в газовой фазе"; "Гидравлическое сопротивление насадочной колонны"; "Гидравлическое сопротивление колонны с колпачковыми тарелками"; Гидравлическое сопротивление колонны с провальными тарелками".
3106	Лаборатория «Гидромеханических процессов»	Лабораторные установки: «Исследование гидравлических сопротивлений трубопроводов»; «Снятие характеристик центробежного насоса»; «Снятие характеристик вихревого насоса»; "Испытание циклона"; "Испытание лабораторного

		вакуум-фильтра".
3107	Лаборатория "Гидромеханических и тепловых процессов"	Лабораторные установки: «Испытание поршневого компрессора»; "Испытание выпарной установки".
1436	Компьютерный класс	Персональные компьютеры 12 шт.